



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0030247  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 05월 13일  
Date of Application MAY 13, 2003

출원인 : 엘지전선 주식회사  
Applicant(s) LG Cable Ltd.

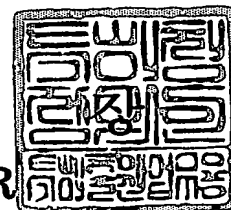
REC'D 27 JUN 2003	
WIPO	PCT



2003      년      05      월      30      일

특      허      청

COMMISSIONER



**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Best Available Copy

## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.05.13
【발명의 명칭】	수정된 화학기상 증착 방법에 의한 광섬유 모재 제조 방법
【발명의 영문명칭】	Method of Manufacturing an Optical Fiber Preform by MCVD
【출원인】	
【명칭】	엘지전선 주식회사
【출원인코드】	1-1998-000283-2
【대리인】	
【성명】	이상용
【대리인코드】	9-1998-000451-0
【포괄위임등록번호】	2001-018766-3
【대리인】	
【성명】	김상우
【대리인코드】	9-2000-000210-2
【포괄위임등록번호】	2001-018768-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	홍춘근
【성명의 영문표기】	HONG, Choon-Keun
【주민등록번호】	721208-1038025
【우편번호】	120-122
【주소】	서울특별시 서대문구 남가좌2동 345-4 미라보아파트 707호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	강병윤
【성명의 영문표기】	KANG, Byung-Yoon
【주민등록번호】	700919-1341915
【우편번호】	435-705
【주소】	경기도 군포시 광정동 세종아파트 647동 404호
【국적】	KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 이동욱  
 【성명의 영문표기】 LEE,Dong-Wook  
 【주민등록번호】 720930-1106414  
 【우편번호】 435-010  
 【주소】 경기도 군포시 당동 749-1 금용 301호  
 【국적】 KR

## 【발명자】

【성명의 국문표기】 강병철  
 【성명의 영문표기】 KANG,Byung-Chul  
 【주민등록번호】 741228-1929713  
 【우편번호】 702-752  
 【주소】 대구광역시 북구 감단동 유성아파트 105동 203호  
 【국적】 KR

## 【우선권주장】

【출원국명】 KR  
 【출원종류】 특허  
 【출원번호】 10-2002-0068943  
 【출원일자】 2002.11.07  
 【증명서류】 첨부

## 【심사청구】

청구

## 【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
 이상용 (인) 대리인  
 김상우 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	5 면	5,000 원
【우선권주장료】	1 건	26,000 원
【심사청구료】	14 항	557,000 원
【합계】		617,000 원

## 【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 수정된 화학기상 증착 방법에 의해 광섬유의 모재를 제조하는 방법으로, 광섬유 모재의 코어 중심부에 존재하는 인덱스 딥을 최소화 또는 제거하기 위해, 클로징 공정 직전에 에칭용 반응가스를 튜브 내로 주입하는 식각 공정과, 열을 가하여 튜브를 응축시키는 응축 공정을 동시에 실시하는 방법을 제공한다.

본 발명에 의하면, 광섬유 모재의 인덱스 딥 현상을 최소화하거나 제거할 수 있고, 본 발명의 모재를 이용하여 광특성 특히 대역폭이나 편광모드분산이 향상된 광섬유를 제조할 수 있다.

**【대표도】**

도 2

**【색인어】**

광섬유 모재, 응축, 식각, 인덱스 딥, 인덱스 피크

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

수정된 화학기상 증착 방법에 의한 광섬유 모재 제조 방법{Method of Manufacturing an Optical Fiber Preform by MCVD}

## 【도면의 간단한 설명】

본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.

도 1a는 종래의 MCVD 공법에 따라 광섬유 모재를 제조하는 공정이 수행되는 과정을 나타낸 흐름도,

도 1b는 본 발명의 MCVD 공법에 따라 광섬유 모재를 제조하는 공정이 수행되는 과정을 나타낸 흐름도,

도 2는 MCVD 공법에서의 증착 공정이 수행되는 모습을 보여주는 단면도,

도 3은 MCVD 공법에서의 응축 공정이 수행되는 모습을 보여주는 단면도,

도 4a는 종래의 MCVD 공법에서의 식각 공정이 수행되는 모습을 보여주는 단면도,

도 4b는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 식각 공정이 수행되는 모습을 보여주는 단면도,

도 5는 MCVD 공법에서의 클로징 공정이 수행되는 모습을 보여주는 단면도,

도 6은 MCVD 공법에서의 인선 공정이 수행되는 모습을 보여주는 단면도,

도 7은 종래 기술에 의한 응축 공정 후, 인선했한 광섬유 내부에 발생하는 인덱스 딥(Index Dip)을 나타내는 도면,

도 8은 종래 기술에 의한 응축 공정 후, 인선했한 광섬유 내부에 발생하는 인덱스 피크 (Index Peak)를 나타내는 도면,

도 9는 종래 기술에 의한 응축 공정 후, 인선했한 광섬유의 굴절률 분포를 보여주는 도면,

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 광섬유의 굴절률 분포를 보여주는 도면이다.

#### <도면의 주요 참조부호에 대한 설명>

- |             |              |          |
|-------------|--------------|----------|
| 1: 반응 기체    | 2: 석영 튜브     | 3: 잔류 가스 |
| 4: 소결된 증착층  | 5: 입자 증착층    | 6: 토치    |
| 7: 토치 진행 방향 | 8: 코어층       | 9: 클래드층  |
| 10: 인선 방향   | 11: 인선했한 광섬유 | 12: 퍼니스  |
| 13: 식각 가스   |              |          |

#### 【발명의 상세한 설명】

#### 【발명의 목적】

#### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<20> 본 발명은 수정된 화학 기상 증착 방법에 의해 광섬유 모재를 제조하는 방법에 관한 발명으로서, 공정 특성상 발생할 수 밖에 없는 인덱스 딥(Index dip)을 제

거하여, 광특성이 크게 향상된 광섬유를 만들 수 있는 광섬유 모재를 제조하는 방법이다. 특히, 본 발명의 방법에 의해 제조된 광섬유 모재를 이용할 경우 다른 부자재 없이 기가급 전송이 가능한 다중모드 광섬유를 제조할 수 있다.

<21> 도 1a는 종래의 MCVD 공법에 따라 광섬유 모재를 제조하는 공정을 도시한 흐름도이다.

<22> 일반적으로 광섬유 모재는 증착 공정(100)과 응축 공정(200 ~ 400)을 거쳐 제조되는데, 상기 응축 공정은 더 자세하게는 응축 공정(200)과, 식각 공정(300) 및 클로징 공정(400)으로 구성된다.

<23> 광섬유 모재를 제조하기 위한 방법으로는 공지되어 있는 바와 같이 크게 외부증착법과 내부증착법 두 가지로 나눌 수가 있다.

<24> 여기서, 특히 내부증착법은 석영 튜브 내부에 MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition)와 같은 기법을 통해  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{GeCl}_4$ ,  $\text{POCl}_3$  등의 반응기체와 함께 He,  $\text{O}_2$  를 주입하고, 토치(Torch)를 이용하여 석영 튜브를 가열하여 석영 튜브 내부에서 열산화 반응으로 인한 증착이 이루어지도록 하여 클래딩층 및 코어층을 형성시킨다.

<25> 상기과 같은 과정으로 클래딩층과 코어층이 형성되었을 때 석영 튜브 내에는 빈 공간이 존재하게 되므로, 외부에서 열을 가하여 석영 튜브를 응축시키는 응축 공정(Collapse)을 거치게 된다.

<26> 한편, 이러한 응축 공정에서는 코어 증착이 완성된 석영 튜브를 증착시보다 더 높은 고온( $2000 \sim 2400^\circ\text{C}$ )으로 가열하게 되므로, 코어 내 첨가물 중의 하나인  $\text{GeO}_2$ 가  $\text{GeO}$ 로 휘발하게 된다.

- <27> 이에 따라, 증착된 코어층의 안쪽 표면에서는  $\text{GeO}_2$ 의 농도가 감소하여 도 7에서 보는 바와 같이, 코어 중심에서 굴절률이 낮아지는 인덱스 덩이 발생하게 된다. 때로는 휘발된  $\text{GeO}$  가스가 가열 열원의 전방에  $\text{GeO}_2$  로 다시 재응축하고 코어 내부로 확산하게 되어, 도 8에서 보는 바와 같이, 코어 중심에서 다시 굴절률이 재상승하는 인덱스 피크가 발생하기도 한다.
- <28> 인덱스 덩과 인덱스 피크, 그리고 이로 인한 굴절률의 불균일성은 싱글모드에서는 마이크로벤딩에 의한 손실 증가와 굴절률의 비대칭에 따른 잠재응력으로 인하여 PMD(Polarization Mode Dispersion) 특성이 나빠질 수 있고, 다중모드에서는 대역폭을 현저하게 감소시킬 수 있다.
- <29> 그러므로, 이러한 낮은 굴절률을 갖는 부분을 식각시키기 위하여 식각 가스를 주입하여 흘려주는 식각 공정(300)을 2회 정도 반복한 후, 내부의 홀을 없애고 석영봉 형태로 만드는 클로징 공정(400)을 거쳐 광섬유 모재를 제조하게 된다.
- <30> 도 4a는 상기 식각 공정이 수행되는 모습을 보여주는 단면도인데,  $\text{HF}$ 나 불소 화합물 등의 식각 가스를 주입시켜, 낮은 굴절률을 갖는 부분을 식각시키게 된다.
- <31> 도 5는 클로징 공정이 수행되는 모습을 보여주는 단면도인데, 이로써 석영 튜브 내부의 빈 공간은 완전히 채워져서 석영봉 형태의 광섬유 모재가 완성되게 되고, 도 6과 같이 인선 공정을 거쳐 최종 광섬유가 제조되게 된다.
- <32> 그러나, 클로징 공정에서도 고온에 의한  $\text{GeO}_2$ 의 휘발은 발생될 수 있으므로 이를 최대한으로 방지할 수 있도록 클로징 공정 직전의 석영 튜브 내부의 표면적을 최소화하

는 것이 바람직하다. 즉, 응축 공정(200)후 코어 중심부의 인덱스 값을 최소화하기 위해 서 내경을 작은 값으로 유지해 주는 것이 바람직하다.

<33> 그러나, 응축 공정(200)으로 내경을 작게 만들어 주더라도, 식각 공정(300)을 수행 하면 석영 튜브의 내경은 다시 커지게 되므로 GeO<sub>2</sub>의 휘발을 최소화 또는 방지하는 것에 는 한계가 있다.

<34> 대한민국 등록특허 제 10-0315475 호(이하, '475호 특허로 약칭함)에서는 MCVD법 에 의한 광섬유 모재 제조공정의 시간을 단축하기 위하여, 클래드층과 코어층을 형성하 는 증착 과정과, 상기 증착된 코어층상에 소정의 증착층을 추가적으로 형성하는 추가증 착 과정과, 상기 추가증착과정 후, 상기 클래드층과 코어층 및 추가된 증착층이 형성된 석영관을 연화점 이상으로 가열하여 적정 내경을 갖게 하는 응축 과정과, 상기 응축 공 정 후, 상기 추가증착층을 식각하며 동시에 내경을 완전히 없애는 에칭-클로징 과정을 수행하는 방법을 제시하고 있다.

<35> 그러나, 상기 475 '호 특허는 식각공정으로 인한 튜브 내경의 증가로 인해 클로징 공정시에 발생하는 추가적인 GeO<sub>2</sub>의 휘발을 최소화하기 위하여 클로징 공정전에 에칭과 응축을 동시에 수행하여 튜브의 내경을 최적화하는 방법에 대해서는 언급하고 있지 않다

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<36> 본 발명은 상기와 같은 점에 착안하여 창안된 것으로서, 제조되는 광섬유의 코어 중심의 인덱스 값 현상을 최소화 또는 제거할 수 있는 광섬유 모재 제조방법을 제공하는 데 있다.

## 【발명의 구성 및 작용】

- <37>      상기와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 수정된 화학기상 증착 방법에 의해 광섬유의 모재를 제조하는 방법은, 코어 중심부에 존재하는 인덱스 덩을 최소화 또는 제거하기 위해, 석영 튜브를 최종으로 응축하여 석영봉 형태로 만드는 클로징 공정 직전에 에칭용 반응가스를 튜브 내로 주입하는 식각 공정과, 열을 가하여 튜브를 응축시키는 응축 공정을 동시에 실시하는 식각 및 응축 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <38>      바람직하게는, 상기 에칭용 반응가스는 식각 gas와 산소의 혼합 gas로 이루어지며, 보다 상세하게 설명하면  $O_2$ 와  $C_2F_6$ 의 혼합가스를 사용하고,  $C_2F_6$ 에 대한  $O_2$ 의 유량비가 2.5 ~ 30인 것을 특징으로 한다.
- <39>      상기와 같은 본 발명에 의하면, 제조되는 광섬유 모재의 굴절률을 개선하여 인덱스 덩 현상을 최소화하거나 제거할 수 있다. 본 발명의 광섬유 모재를 이용하면 대역폭 및 광특성이 향상된 광섬유를 제조할 수 있으며, 특히, 기가비트 이더넷용 멀티모드 광섬유를 제조할 수 있다.
- <40>      기가비트 이더넷용 멀티모드 광섬유란 기존 멀티모드 광섬유의 코어 중심부에 존재하는 인덱스 덩을 제거하고, 굴절률 분포를 미세 제어한 광섬유 제품군으로서, 광원으로 레이저를 사용하는 시스템에 최적화된 광섬유 제품군을 통칭한다. 즉, 기가비트급 광전송을 위해서는 기존의 광섬유에 사용되는 광원인 LED(Light Emitting Diode)와는 달리, 그보다는 작은 빔폭(Beam spot size)을 가지는 FP-LD(Fabry-Perot Laser Diode)나 VCSEL(Vertical Cavity Surface Emitting Laser)과 같은 광원을 사용하게 되므로, 이러한 광원에 최적화되도록 기존 광섬유의 굴절률 분포를 더욱 미세하게 조절하는 것은 물

론, 코어 중심의 인덱스 값을 제거하여 제한모드 여기 방식(Restricted Mode Launching) 대역폭(Bandwidth)을 향상시킬 것이 특히 요구된다.

<41> 이하, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

<42> 먼저, 도 1b는 본 발명의 MCVD 공법에 따라 광섬유 모재를 제조하는 공정이 수행되는 과정을 나타낸 흐름도이다.

<43> 도면을 참조하면, 본 발명에 의한 광섬유 모재 제조과정은 증착 공정(100)과, 응축 공정(200)과, 식각 및 응축 공정(300a) 및 클로징 공정(400)으로 구성된다.

<44> 이하에서, 도면을 참조하여 본 발명의 광섬유 모재 제조방법을 그 제조공정별로 나누어서 상세히 설명한다.

<45> 1. 증착 공정(도 2 참조)

<46> 도 2에 나타낸 바와 같이, 증착 공정은 석영 튜브(2)안으로  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{GeCl}_4$ ,  $\text{POCl}_3$ , He,  $\text{O}_2$  등의 반응기체(1)를 주입하고, 석영 튜브의 길이 방향으로 천천히 이송하는 토치(6)를 이용하여 석영 튜브의 외부를 가열한다.

<47> 여기서, 상기 토치(6)의 형태는 다양하게 변형될 수 있으며, 예컨대 산소-수소 토치를 비롯하여 플라즈마 토치 등 다양한 가열수단이 채용될 수 있다.

<48> 석영 튜브 내부를 흐르던 반응기체(1)는 가열되어, 토치(6) 근처에 이르러 반응 온도에 도달하고, 산화 반응으로 인하여 미세한 실리카 입자들이 생성되게 된다.

<49> 생성된 입자들은 상대적으로 온도가 낮은 토치 전방의 석영 튜브 내벽면에 증착되고, 토치(6)가 석영 튜브 전체를 한번 이송함에 따라 한 층의 입자 증착층(5)을 얻게 되

는데, 원하는 광섬유의 굴절률 분포를 갖기 위해서는 각 층마다 반응기체의 조성을 변화시켜 가면서 상기 과정을 수십 번 반복하여 클래드/코어 증착층(4)을 완성하게 된다.

<50> 2. 응축 공정(도 3 참조)

<51> 상기 증착 공정을 통해 클래드/코어 증착이 이루어진 석영 튜브는 도 3에 도시된 바와 같이, 석영 튜브 내부에 가스를 유입시키면서 외부에서 열을 가하여 튜브를 응축시키는 응축 공정(200)을 거치게 된다.

<52> 본 발명의 응축 공정(200)은 석영 튜브의 길이방향을 따라, 가스가 유입되는 부위에서 가스가 배출되는 부위의 방향으로 수행된다.

<53> 본 발명의 응축 공정(200)을 상세하게 설명하면 다음과 같다.

<54> 클래드(9)/코어(8) 증착층이 형성된 석영 튜브를 원주방향으로 15 ~ 30 rpm의 속도로 등속 회전시킨 상태에서, 가스가 유입되는 부위에서 가스가 배출되는 방향으로 석영 튜브의 길이방향을 따라 이송되는 토치(6)를 이용하여 석영 튜브의 외주면을 증착온도 이상(2000 ~ 2400℃)으로 가열한다.

<55> 이와 같은 고온에서 석영 튜브는 내외벽이 모두 연화점(1600℃)에 이르게 되며, 석영 튜브 내외벽의 압력 차이와 표면장력으로 인하여 석영 튜브 내경 방향으로 점성유동이 발생하게 되어 석영 튜브의 내경 및 외경은 점점 줄어들게 된다. 응축 공정에서 표면장력은 온도에 따라 미세하게 작아지기는 하나, 200 ~ 400 dyne/cm의 값중 상수값을 취하는 것이 일반적이다.

<56> 증착된 상태의 속이 빈 석영 튜브를 응축시키기 위해서는 표면장력과 튜브내/외부의 압력차를 이용한다. 응축률은 응축 공정 시간과 반비례한다. 또한 응축률은 (내, 외

부 압력차+표면장력)/(튜브의 점성도)에 비례한다. 하지만, 광섬유 특성을 저하시키는 주요 원인인 비원형성 또한 동일하게 (내, 외부 압력차+표면장력)/(튜브의 점성도)에 비례하기 때문에 응축 공정 시간을 최대한 줄이면서 비원형성이 작은 모재를 얻기 위해서는 적절한 압력차 및 튜브 점성력을 선택해야 한다. 튜브점성력은 온도에 대해 지수함수적으로 변화하고, 튜브 온도는 가열시간에 영향을 받는다. 따라서, 토치의 가열온도와 진행속도, 석영 튜브의 회전속도 등에 영향을 받는 석영 튜브의 표면온도 그리고 석영 튜브의 내부 압력을 설정해야 한다.

<57> 본 발명에서의 가열 열원의 진행 속도는 1 ~ 40 mm/min를 유지하는 것이 바람직하며, 응축시의 석영 튜브의 회전 속도는 증착시의 석영 튜브 회전속도인 50 ~ 80 rpm보다는 느린 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 15 ~ 30 rpm 이다.

<58> 이렇게 해서, 석영 튜브의 표면을 가열하며, 바람직하게 2000 ~ 2400℃ 를 유지하도록 한다.

<59> 다음으로, 석영 튜브의 내, 외부의 압력차, 즉 석영 튜브 내부의 온도나 유체흐름으로 인한 압력과 석영 튜브의 외부에서 가해지는 토치 불꽃압력의 차이가 일정하게 유지되도록 석영 튜브의 내부 유량을 조절하여 석영 튜브에 가한다.

<60> 여기서, 상기 석영 튜브의 내부 유량을 조절하기 위한 물질로는 산소(O<sub>2</sub>) 또는 염소(Cl<sub>2</sub>)가 가장 일반적이다. 또한, 가열을 위해 사용되는 토치에 의해서도 압력이 발생하게 되며, 상기 토치 불꽃 압력은 토치의 형태와 가스 흐름속도 등의 인자를 포함하는 함수로 결정된다.

- <61> 단일모드 광섬유 모재에 비해 상대적으로 점도가 적은 다중모드 광섬유 모재에서는 석영 튜브의 내부에 바람직하게, 0 ~ 10 mmWC 정도의 작은 양압을 인가하여 모재 기하구조의 변형에 영향을 주지 않으며 응축이 촉진되도록 하는 것이 바람직하며, 단일모드 광섬유 모재인 경우에는 신속한 응축을 위해 음압을 인가하는 것이 바람직하다.
- <62> 여기서, 응축 속도의 감소를 방지하기 위해 석영 튜브의 내부에 열확산 계수 (Thermal Diffusivity)가 다른 물질에 비해 상대적으로 높은 불활성 가스(Inert gas)를 유입시켜 튜브의 내, 외부의 온도차를 최소화하는 것이 바람직하다. 이러한 가스의 예로는 He(헬륨)이나 Ar(아르곤)을 들 수 있다.
- <63> 이러한 작업을 수회 반복하여 어느 정도 원하는 석영 튜브의 내경 및 외경을 얻은 후에는 식각 및 응축 공정(300a)을 거치게 된다.
- <64> 응축 공정의 횟수는 그 수가 줄어들수록 석영 튜브의 비원형성이 커질 가능성이 높기 때문에 응축 시간의 최소화와 광섬유 모재 형상의 안정성을 고려하여 적절한 횟수를 설정하여야 하는데, 본 발명의 최적의 실시예에서는 식각 및 응축 공정을 수행하기 전의 응축 공정 횟수를 4회로 하였다.
- <65> 또한, 적용 가능한 바람직한 실시예에 따르면, 응축 공정은 그 응축 횟수가 1회에서 4회까지이며, 5회는 식각 및 응축 공정이며, 6회는 클로징 공정에 해당된다.
- <66> 1회부터 4회까지의 석영 튜브 내에 유입되는 가스 중 산소(O<sub>2</sub>) 또는 염소(Cl<sub>2</sub>)의 유량은 1.2 ~ 2.4 slpm이 바람직하며, 한번의 응축 공정에서 갑작스런 외경의 감소는 최종 광섬유 모재의 비원형성을 증가시켜 PMD 등의 광섬유 특성을 저하시키므로 서서히 줄여나가는 것이 바람직하다.

<67> 3. 식각 및 응축 공정(도 4b참조)

<68> 상기와 같이 수회의 응축 공정을 거친 석영 튜브는 상기 응축 공정 중에 고온에 의한  $\text{GeO}_2$ 의 휘발로 인하여 농도가 감소된 코어 중심부의 낮은 굴절률을 갖는 부분을 식각시키기 위하여 에칭용 반응가스를 흘려주는 동시에 코어 튜브의 내경을 줄이는 식각 및 응축 공정을 동시에 수행하는 식각 및 응축 공정을 거치게 된다.

<69> 본 발명의 식각 및 응축 공정에서의 식각 및 응축 공정의 방향과 석영 튜브의 표면 온도 및 석영 튜브의 내부 압력 등은 상기 응축 공정(200)과 동일하다.

<70> 즉, 석영 튜브는 가스가 유입되는 부위에서 가스가 배출되는 방향으로 석영 튜브의 길이방향을 따라 외주면이 증착온도 이상( $2000 \sim 2400^\circ\text{C}$ )으로 가열되게 된다.

<71> 이때 토치의 이송속도는  $1 \sim 40\text{mm/min}$ 가 바람직하며, 석영 튜브의 회전 속도는  $15 \sim 30\text{rpm}$ 이 바람직하다.

<72> 식각 및 응축 공정에서의 응축 속도도 응축 공정에서와 마찬가지로 팜섬유 소재의 비원형성을 낮추기 위하여 서서히 진행하는 것이 바람직하며, 특히 응축률이  $0.5 \sim 3.0\text{mm/min}$ 인 것이 바람직하다.

<73> 식각 공정에 사용되는 에칭용 반응가스는 식각 가스와 산소의 혼합 가스로 이루어진다.

<74> 보다 상세하게 설명하면, 식각 가스는 HF(Hopland, 1978, Electron. Lett., 14, 757~759) 및 기체 형태의 불소 화합물(Liegeois et al., 1982, Non-Cryst. Solids, 117, 247~250; Schneider et al. 1982, Conf.Proc. Eur.Conf.Opt.Fibre Commun. 8th., 36~40) 등을 사용할 수 있다.

- <75> 특히, O<sub>2</sub>와 함께 CC12F<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub>, CC13F, CC1F<sub>3</sub> 등(GB.No.2,084,988A 와 FR.No.2,504,514)을 사용할 수 있으며, 바람직하게는 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, n-C<sub>4</sub>F<sub>10</sub> 와 같은 불소 화합물(US.Pat.No.4,793,843), 더욱 바람직하게는 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>를 사용한다.
- <76> 한편, 코어 중심부의 인덱스 딥 현상은 응축 공정시에 발생하는 GeO<sub>2</sub>의 휘발에 의해 발생하게 된다. 종래 기술에서는 이러한 인덱스 딥을 제거하기 위하여 응축 공정을 수행한 다음 식각 공정을 통해 제거하고 이어서 클로징 과정을 수행하고 있으나, 이 클로징 공정에서 다시 한번 GeO<sub>2</sub>의 휘발이 발생하게 되어 코어 중심부에 굴절률이 불균일한 층이 생성되게 되므로, 코어 중심부에 발생하는 인덱스 딥 현상을 제거하지 못하고 있다.
- <77> 이러한 코어 중심부의 불균일은 클로징 공정시 모재 내경이 작으면 작을수록 그 크기가 작아진다. 따라서, 클로징 공정 전에 모재 내경을 최소화하는 것이 상당히 중요하다.
- <78> 그러나, 클로징 공정 직전의 내경을 최소화하기 위하여 응축 공정시 모재 내경을 작게 하더라도 식각 공정시 내부 유압으로 인하여 모재 내경이 다시 커지게 된다.
- <79> 본 발명은 이러한 부작용을 없애기 위하여 응축과 식각 공정이 완료된 때, 즉 클로징 공정 수행전의 석영 튜브의 내경을 2 ~ 4 mm로 하는 방법을 택하였다.
- <80> 일정한 크기의 내경을 유지하기 위해서 본 발명의 일 실시예에서는 내압과 온도를 인자로 하는 응축률과, 식각률을 적절히 조절하여 이를 구현하였다.
- <81> 이때, 응축률은 석영 튜브 표면의 온도와 석영 튜브의 내부 압력에 의해, 한편 식각률은 식각 가스(예를 들어, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)에 대한 O<sub>2</sub>의 유량비로 조절하였다.

- <82>      응축률은 상기에서 설명한 바와 같이 0.5 ~ 3.0mm<sup>3</sup>/min인 것이 바람직하다.
- <83>      식각률을 결정하는 식각 가스(예를들어, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)에 대한 O<sub>2</sub>의 유량비는 바람직하게, 2.5 ~ 30이다. 이 경우, 식각 가스의 유량은 4 ~ 20 sccm이고, 이에 대응하는 O<sub>2</sub>의 유량은 50 ~ 120 sccm인 것이 바람직하다.
- <84>      모재 내경이 작으면 작을수록 굴절율의 불균일은 최소화 또는 제거할 수 있으나 제조과정 중 미리블름(버블)이 발생할 확률이 상당히 커지게 된다.
- <85>      따라서 본 발명에서는 모재에 대한 제조불량을 최소화할 수 있도록 2 mm를 하한으로 하였다. 또한, 인선 후 최종 광섬유 상태에서 인덱스 딥 현상이 발견되지 않는 4 mm 내외를 상한으로 하였다.
- <86>      4. 클로징 공정(도 5 참조)
- <87>      이러한 식각 및 응축 공정(300a)을 거친 석영 튜브는 다음으로, 클로징 공정(400)에서 내부의 홀을 없애고 석영봉으로 만들어 광섬유 모재를 제조하게 된다.
- <88>      본 발명의 클로징 공정은 상기 응축 공정(200)과 같은 방법으로 수행된다.
- <89>      그러나, 석영 튜브의 클로징 방향은 응축 공정과는 정반대로 수행된다.
- <90>      즉, 클로징 공정에서는 C<sub>12</sub> 또는 O<sub>2</sub>와 같은 가스를 석영 튜브 내로 유입하면서 가스의 배출 부위에서 가스의 유입 부위 방향으로 클로징해 나간다.
- <91>      이때 상기 가스들은 클로징 공정 중 GeO<sub>2</sub>가 휘발되는 것을 방지하며, 석영 튜브 안을 일정 수준의 압력으로 유지함으로써 석영 튜브가 급격하게 응축되는 것을 방지함으로써 제조되는 광섬유 모재의 비원형성을 낮춰주게 된다.

- <92> 본 발명의 일 실시예에 의해 인덱스 딥이 제거된 광섬유 소재의 코어의 굴절률을 나타낸 것이 도 10이다.
- <93> 이 굴절률 도면은 증착 공정이 완료된 석영 튜브의 외경이 33.7 mm인 광섬유 소재를 5회째 응축 공정에서 식각 가스의 유량비( $C_2F_6$ 에 대한  $O_2$ 의 유량비)를 5.7로 하여 석영 튜브의 내경을 2 mm로 유지하면서 식각을 동시에 진행시켜 6회째 응축 공정에서 최종적인 석영봉 형태의 광섬유 소재로 완성한 광섬유 소재의 굴절률 도면이다.
- <94> 반면 도 9는 종래의 방법에 따라, 5회까지 응축이 진행된 석영 튜브 내에  $C_2F_6$ 와  $O_2$ 를 주입시켜 2회에 걸쳐 식각 공정을 진행시킨 후 클로징 공정을 실시하여 최종 완성한 광섬유 소재의 굴절률을 나타낸 도면이다. 이때, 상기 식각 공정 중에는 응축이 진행되지 않았다.
- <95> 상기 언급한 도면에 나타난 바와 같이, 본 발명에서 제안한 응축 공정과 식각 공정을 동시에 진행시키는 방법을 실시한 결과, 인덱스 딥이 완전히 제거되었음을 볼 수 있다.
- <96> 이상, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조로 설명하였다. 여기서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

**【발명의 효과】**

<97> 본 발명에 따른 식각 공정과 응축 공정을 동시에 수행한 후 클로징 공정을 수행하는 수정된 화학기상 증착 방법에 의한 광섬유 모재 제조 방법에 의하여 제조된 광섬유 모재를 이용하여 광섬유를 제조할 경우 인덱스 딥 현상이 최소화되거나 제거되어 대역폭 및 광특성을 향상 시킬 수 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

화학기상 증착 방법(MCVD)에 의해 광섬유의 모재를 제조하는 방법으로서,

석영 튜브 내벽에 클래드/코어 증착층을 형성하는 증착 공정과;

상기 증착층이 형성된 석영 튜브를 연화점 이상 가열하여 응축시키는 응축 공정과;

클로징 직전의 튜브 내경을 최적화시킬 수 있도록 석영 튜브 내부에 에칭용 반응 가스를 주입하면서 연화점 이상으로 가열함으로써 상기 석영 튜브를 식각함과 동시에 응축하는 식각 및 응축 공정과;

상기 내경이 최적화된 석영 튜브를 연화점 이상으로 가열하여 내부의 홀이 없는 광섬유 모재를 형성하는 클로징 공정을 포함하고;

이로 인해, 광섬유 모재의 코어 중심부에 존재하는 인덱스 딥(index dip)을 최소화시키는 것을 특징으로 광섬유 모재 제조방법.

**【청구항 2】**

제 1 항의 상기 식각 및 응축 공정에 있어서,

상기 에칭용 반응가스는 식각 가스와 산소의 혼합가스로 이루어지고, 식각 가스에 대한 O<sub>2</sub>의 유량비가 2.5 ~ 30인 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조 방법.

**【청구항 3】**

제 2 항에 있어서,

상기 02의 유량이 50 ~ 120 sccm이고, 상기 식각 가스의 유량이 4 ~ 20 sccm인 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조 방법.

**【청구항 4】**

제 1 항의 상기 식각 및 응축 공정에 있어서,

상기 석영 튜브의 응축률이 0.5 ~ 3.0mm<sup>3</sup>/min인 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

**【청구항 5】**

제 1 항에 있어서,

상기 식각 및 응축 공정에 의하여 석영 튜브 내경을 2 ~ 4 mm로 응축하는 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

**【청구항 6】**

제 1 항의 상기 식각 및 응축 공정에 있어서,

석영 튜브의 길이 방향을 따라, 가스 유입 부위에서 가스 배출 부위의 방향으로 식각 및 응축 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

**【청구항 7】**

제 1 항의 상기 식각 및 응축 공정에 있어서,

석영 튜브의 회전속도가 15 ~ 30rpm이고, 가열 열원의 이송속도가 1 ~ 40mm/min이며, 튜브의 표면온도가 2000 ~ 2400℃인 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

**【청구항 8】**

제 1 항의 상기 응축 공정에 있어서,

응축 횟수가 1 내지 4회인 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

**【청구항 9】**

제 1 항의 상기 응축 공정에 있어서,

다중 모드 광섬유용 광섬유 모재를 제조하기 위하여, 석영 튜브의 내부 압력을 0 ~ 10mmWC의 양압으로 유지하는 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

**【청구항 10】**

제 1 항의 상기 응축 공정에 있어서,

단일모드 광섬유용 광섬유 모재를 제조하기 위하여, 석영 튜브의 내부 압력을 음압으로 유지하는 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

**【청구항 11】**

제 1 항의 상기 응축 공정에 있어서,

O<sub>2</sub> 또는 Cl<sub>2</sub> 기체를 석영 튜브 안으로 유입시키면서 응축 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

**【청구항 12】**

제 11 항에 있어서,

O<sub>2</sub> 또는 Cl<sub>2</sub> 유량이 1.2 ~ 2.4slpm인 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

【청구항 13】

제 1 항의 상기 클로징 공정에 있어서,

석영 튜브의 길이 방향을 따라, 가스 배출 부위에서 가스 유입 부위의 방향으로 클로징 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

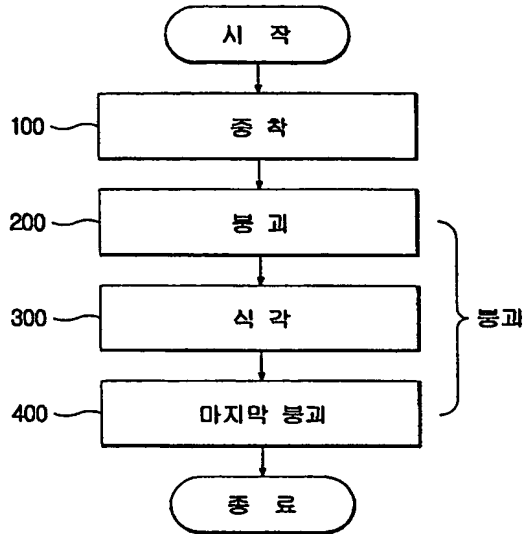
【청구항 14】

제 13 항에 있어서,

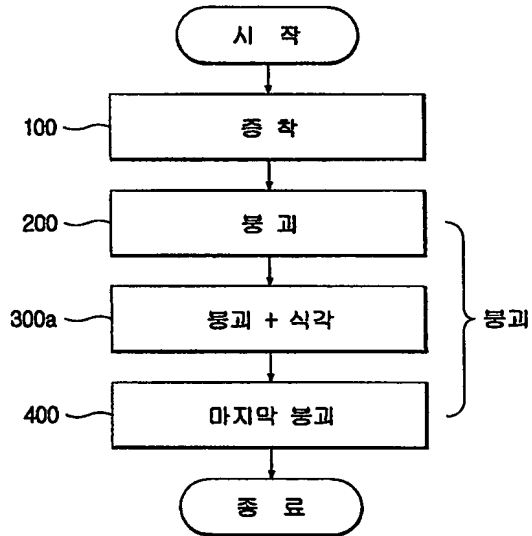
O<sub>2</sub> 또는 C<sub>12</sub> 기체를 석영 튜브 안으로 유입시키면서 클로징 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 광섬유 모재 제조방법.

【도면】

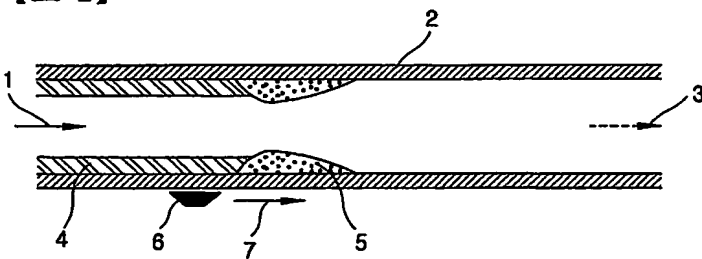
【도 1a】



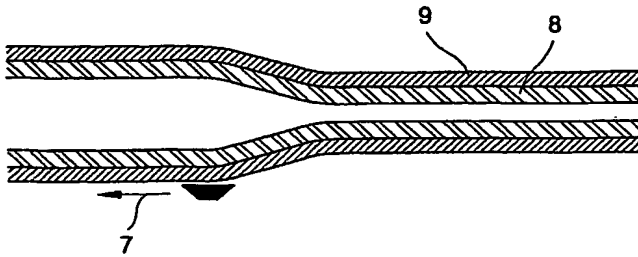
【도 1b】



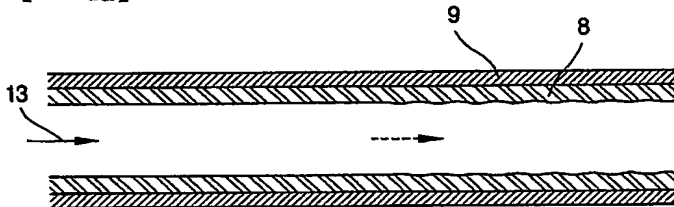
【도 2】



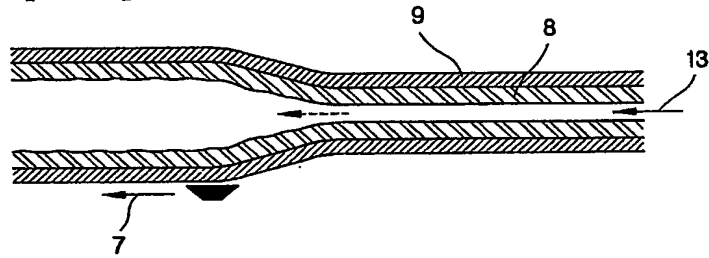
【도 3】



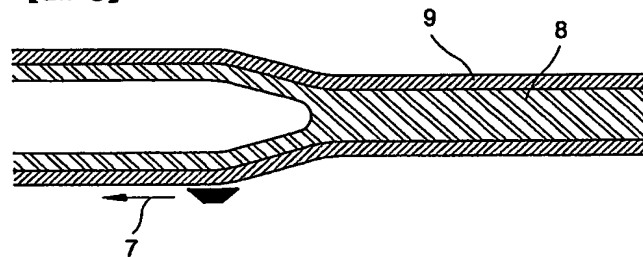
【도 4a】



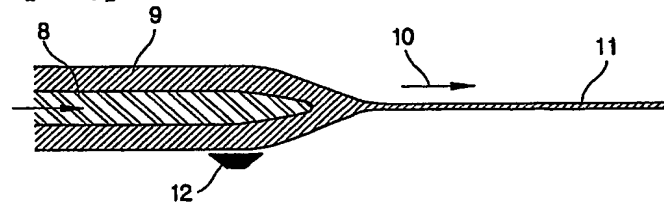
【도 4b】



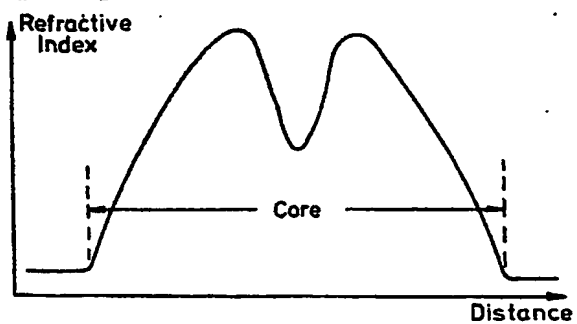
【도 5】



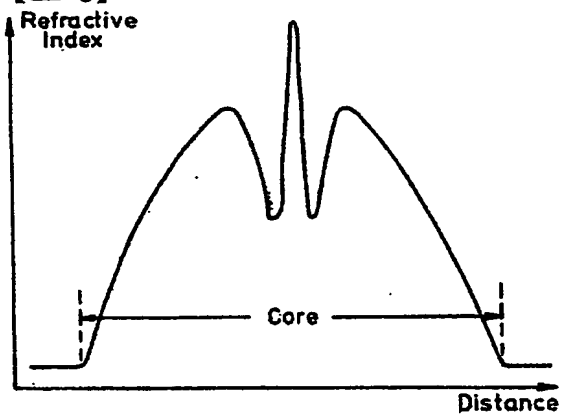
【도 6】



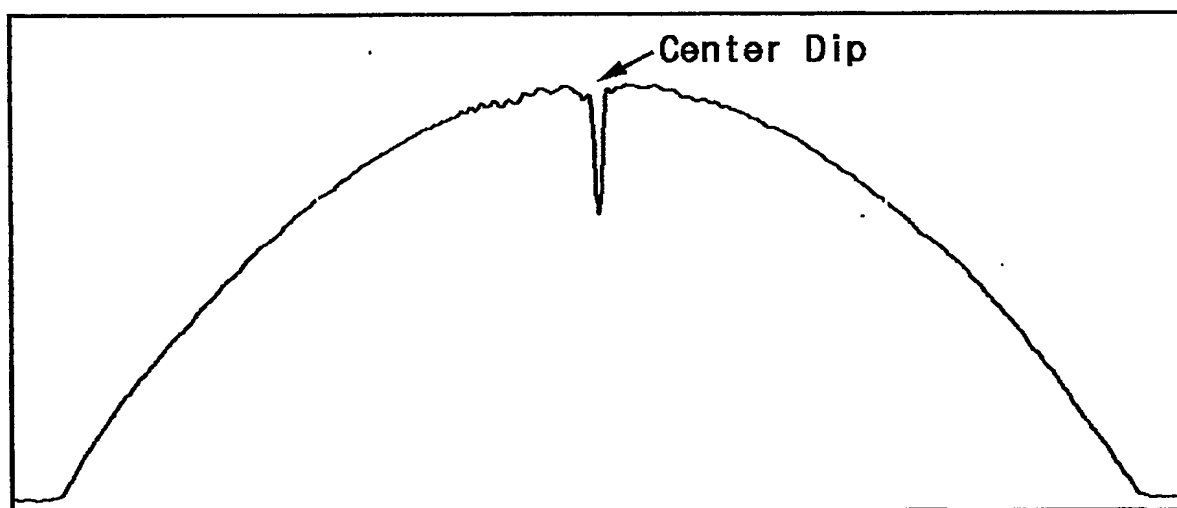
【도 7】



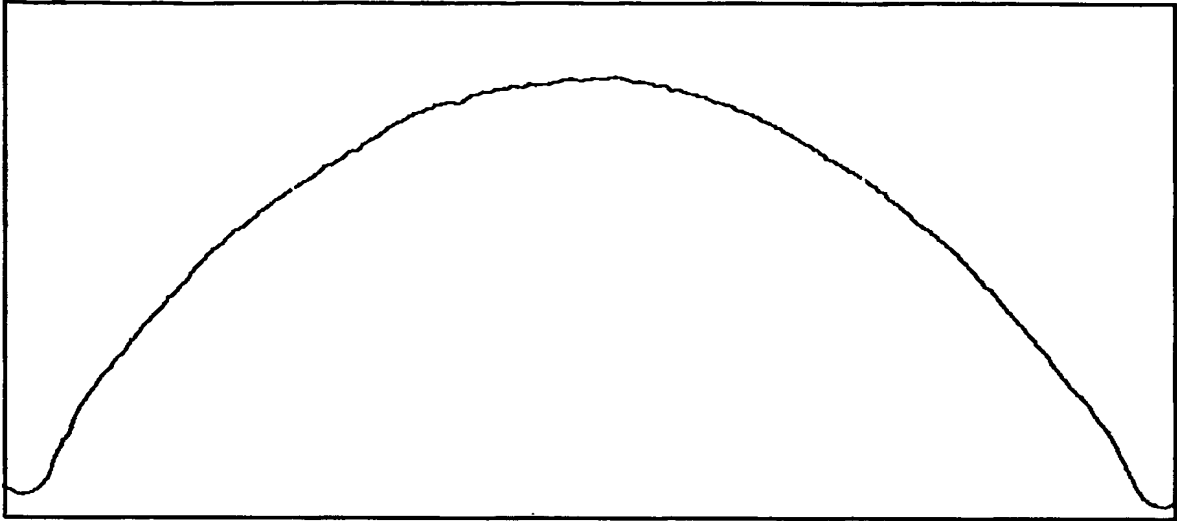
【도 8】



【도 9】



【도 10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**